

Kenningar um stjórn hreyfinga

Athuganir á hreyfingum og tilraunir til að breyta hreyfiatferli byggja á hugmyndum um stjórn hreyfinga, það er á viðurkenndum kenningum um hvað ráði framkvæmd hreyfinga, samhæfingu þeirra og mótun. Markmiðið með þessari grein er að fjalla um þrjár helstu kenningar sem hafa á síðustu áratugum verið rammi fyrir rannsóknir á hreyfingum og grunnur að aðferðum til að bæta stjórn hreyfinga. Þessar þrjár kenningar eru 1) kenningin um viðbrögð (reflex theory), 2) kenningin um miðlægt hreyfiþrógramm (motor programming theory) og 3) kerfakenning (systems theory). Fleiri kenningar sem tengjast stjórn hreyfinga hafa komið fram, en þær má telja til undirkenninga sem falla undir þær þrjár sem getið er um hér.

Kenning viðbragða

Kenningin um að hreyfingum sé stjórnað af viðbrögðum eða reflexum er aldagömul en byggir sterkt á rannsóknum Sherrington sem lýsti eiginleikum reflexa upp úr 1900. Kenningin kveður í aðalatriðum á um að hreyfing sé svörun við skynboðum eða áreitum. Flóknar eða samsettar hreyfingar eru taldar vera keðjuviðbrögð eða þar sem eitt viðbragð er áreiti að því næsta (Sherrington 1947). Viðbrögð eru flokkuð eftir því hvar í miðtaugakerfinu þeim er stýrt t.d. í mænu, heilastofni eða heila. Hugmyndin um viðbrögð tengist sterkt forsendunni um stjórnskipan þar sem efri stöðvar ráða þeim neðri. Því er oft talað um „reflex/hierarchy theory“.



MARÍA H.
ÞORSTEINSDÓTTIR,
DÓSENT H.Í.

Þannig ráða viðbrögð í heilastofni (t.d. tónísk viðbrögð) yfir mænuviðbrögðum en efst eru þróaðri viðbrögð (rétti- og jafnvægisviðbrögð).

Margar aðferðir í sjúkrapjálfun, flestar frá miðri 20. öld, byggja á hugmyndinni um viðbrögð og áður nefndri stjórnskipan. Á ensku eru þessar aðferðir kallaðar „Neurofacilitation/Neurotherapeutic/ Neurophysiological Approaches“. Þeim verður ekki nákvæmlega lýst hér, en nefna má PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation) þar sem örvað er til hreyfiáttaks með skynáreitum (Knott og Voss 1968), aðferðir Margaret Rood sem lagði einnig áherslu á sérhæfa örvun skynviðtaka (Stockmeyer 1967) svo og aðferðir Ayres (1979) sem byggðu á skynörvun og skynreiðu. Signe Brunnström (1970) beitti sérhæftri meðferð eftir heilablóðfall sem byggði á að örva viðbrögð, og síðast en ekki síst byggði Bertha Bobath (1985) sínar aðferðir á hugmyndum um viðbrögð.

Algengur skilningur samkvæmt við-

bragðakenningu og stjórn ofanfrá og niður er að við heilaskaða truflist eðlileg starfsemi rétti- og jafnvægisviðbragða (postural reflex mechanism), og við það tapist stjórn á neðri viðbrögðum. Ýkt frumstæð viðbrögð, tónísk viðbrögð og teygjuviðbrögð standa í vegi fyrir eðlilegum hreyfingum og valda óeðlilegri vöðvaspennu, og því beinist áhersla í meðferð að modum Bobath á að hemja slík viðbrögð og reyna síðan að örva til eðlilegra viðbragða (reactions) með ýmisskonar áreitum og stýringu. Skilningur á hreyfiþroska mótaðist einnig af kenningu um viðbrögð og á ofanefndri stigskipan taugakerfisins og þar með þeirri trú að stjórn á frumstæðum reflexum og möguleikar á samhæfðum hreyfingum væru háð þroska heilans.

Flestar aðferðirnar sem getið er um eru enn í notkun víða um lönd. Ekki síst hefur aðferð Bobath sem á upptök sín í Englandi breiðst út um heiminn. Heyrst hefur þó að aðferð Bobath hafi breyst og verið aðlöguð að nýjum kenningum. Áhugavert væri að vita hvernig aðferðin aðgreinir sig þá frá öðrum aðferðum sem byggja á nýjum forsendum.

Kenningin um miðlægt hreyfiþrógram

Ýmsar athuganir urðu til þess að vekja efasemdir um að viðbrögð gætu skýrt hreyfistjórn enda þótt tilvist reflexa væri ekki dregin í efa. Til dæmis sýndu rannsóknir að hægt var að framkalla hreyfingar án þess að skynboð kæmu til (Taub

1976; Rothwell, Taub, Berman 1982). Jafnframt kom sú skoðun fram að í hröðum hreyfingum væri ekki tími fyrir afturboð (feedback) og því væri hreyfing ekki sett af stað með áreiti frá útlægum viðtökum. Farið var að líta á miðtaugakerfið sem virkt kerfi en ekki viðbragðastýrt og um 1970–80 komu fram hugmyndir um miðlægt prógramm sem innihéldi áætlun um lærðar hreyfingar og stýrði framkvæmd þeirra. Í fyrstu var mikil áhersla á að hreyfing færi fram án afturboðs og urðu um skeið átök á milli þeirra sem aðhylltust miðlægt prógramm („centralista“) og hinna sem töldu afturboð nauðsynleg („periferalista“). Síðar varð sátt um að enda þótt hreyfing væri ekki háð afturboði væri það mikilvægt fyrir hreyfistjórn, ekki síst við að læra hreyfingar.

Hugmyndin um miðlægt prógramm þróaðist og ýmsar myndir af því birtust. Sumir álitu að nokkurs konar forrit væri geymt í heilanum með nákvæmum upplýsingum um framkvæmd hreyfinga (Brooks 1986), en aðrir töldu að prógrammið væri afstrakt minnisprógramm eða skema (Schmidt 1988). Síðar hafa komið fram hugmyndir um að viss munstur eða valið net taugatenginga myndist í miðtaugakerfinu með reynslu og notkun (Campbell 2000). Sýnt hefur verið fram á að net taugatenginga í mænunni („central pattern generators“) stýra taktföstum hreyfimunstrum svo sem göngu, hoppi, vængjablaki og sundhreyfingum hjá dýrum og tengjast að líkindum göngumynstri hjá mönnum (MacKay-Lyons 2002).

Eftir að hugmyndin um prógramm fékk undirtektir töldu margir að það gildi fyrst og fremst fyrir viljabundnar hreyfingar en að aðrar hreyfingar væru ósjálfráðar og þeim stýrt af viðbrögðum. Til að mynda var gjarnan litið á jafnvægis-hreyfingar sem viðbrögð, svo sem svörun við jafnvægisröskun sem yrði við viljabundnar hreyfingar. Rót kom á þessar hugmyndir þegar rannsóknir sýndu að

jafnvægis-hreyfingar voru settar af stað á undan viljastýrðu hreyfingunni og gátu því ekki verið viðbragð við henni. Þó nokkrar rannsóknir hafa til dæmis sýnt að vöðvavirkni í neðri útlimum hefst áður en handlegg er lyft í standandi stöðu (Belen'kii et al 1967; Lee 1980; Thorsteinsdóttir 1991). Mörkin á milli viljastýrðra og ósjálfráðra eru því óljós í þessu samhengi.

Brátt komu fram ábendingar um að hvorug umræddra kenninga, það er kenningin um viðbrögð eða miðlægt prógramm, gætu skýrt aðlögunarríka hreyfihæðan mannsins og breytt nálgun leit dagsins ljós.

Kerfakenning

Um 1960–1970 birtust á Vesturlöndum verk rússneskra vísindamanna sem höfðu mikil áhrif á sýn manna á hreyfistjórn. Fremstur vísindamannanna var Nicolai Bernstein (1896–1966). Rit hans sem var þýtt á ensku 1967 olli straumhvörfum í hreyfivísindum og enn er vísað í verk hans í nær öllum ritum um stjórn hreyfinga.

Bernstein benti á að auk þess að reyna að skilja taugakerfið yrði að öðlast skilning á hreyfikerfinu og áhrifum allra krafta sem verkuðu á líkamann. Hann vakti athygli á sérhæfni hreyfinga, aðlögun og margbreytileika og á fjölda frígráða (degrees of freedom) eða hreyfimöguleika í líkamanum. Í daglegu lífi glímur manneskjan við ótal hreyfiprautir („motor problems“) í umhverfinu og hreyfistjórn felst í að skipuleggja skilvirka og árangursríka lausn við hverju verki en það felst í því að samhæfa margar frígráður. Bernstein taldi að vöðvar væru tengdir saman í starfrænar einingar (synergiur) til þess að auðvelda stjórnun á frígráðum. Við þjálfun á flóknum, samsettum hreyfingum næðist smám saman stjórn á fleiri frígráðum þar til öll hreyfingin rynni sem ein samhæfð heild. Seinna var farið að tala um samhæfðar

einingar (coordinative structures) ekki eingöngu vöðva heldur allra kerfa sem ynnu saman að ákveðinni hreyfilausn.

Ábendingar Bernstein urðu meðal annars til þess að áhersla varð á virkni í stað viðbragða og kenningar eins og „Theory of action systems“ komu fram (Reed 1982). Auk þess var farið að skoða hreyfingar í starfrænu samhengi. Áhersla á taugakerfið minnkaði en áhugi á aflfræði og áhrifum ytri krafta jókst svo og á vistfræði, skyntúlkun, hugmyndir um hvernig manneskjan þroskast í samskiptum við umhverfið og hvernig hún lærir á umhverfið. Mönnum varð ljóst að vitneskju þurfti frá mörgum fræðasviðum til að skilja stjórn hreyfinga.

Hugmyndinni um að beita kerfakenningu til að skýra hreyfistjórn óx smám saman ásmegin, en sú kenning er þekkt í öðrum fræðigreinum svo sem efnafræði, líffræði, eðlisfræði og atferlis- og félagsfræði. Kerfakenning er notuð til að skýra hvernig fleiri undirkerfi starfa saman sem ein heild. Hvað varðar hreyfistjórn er hugsunin sú að taugakerfið, stoðkerfið, vilji og áhugi einstaklingsins, verkið sjálft, kerfi í umhverfinu og fleiri undirkerfi vinna saman að því að skapa skilvirka lausn á hverri hreyfipraut.

Kenning virkra kerfa (dynamic systems theory)

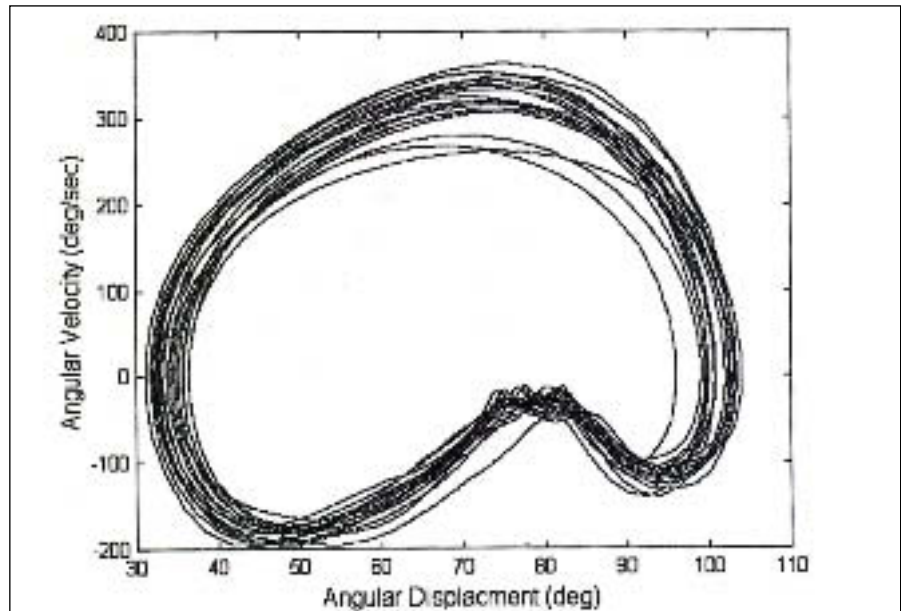
Brátt varð ljóst að kenningin um „dýnámísk“, virk eða breytileg kerfi [1] (ætti helst við um þá flóknu hegðun sem hreyfingar mannsins eru, en sú kenning á sérstaklega við um flókin kerfi sem sýna breytileika og gjarnan ólínulega hegðun (þ.e. skyndilega breytingu). Hún hefur til að mynda verið notuð til að skýra skýjamyndanir og hafstrauma en einnig aðrar munsturmyndanir í náttúrunni svo og lífeðlisfræðileg fyrirbæri. Flókin kerfi og óreiða sýna vissa reglu og leita í munstur sem verða til vegna samspils undirkerfanna sem kerfið er myndað af. Munstrin sýna vissan stöðugleika en geta svo

[1] einnig hefur heyrst þýðingin þjál kerfi og gangkerfi

breytt um hegðun samkvæmt ákveðnum lögmálum og leitað í nýtt stöðugt ástand.

Grundvallaratriði í hegðun virkra kerfa er að þau stýra sér sjálf (Thelen, Kelso, Fogel 1987). Það þýðir að fyrirskipun eða forskrift að munstri er ekki geymd neins staðar heldur verður munstrið til við samspil þáttanna í kerfinu. Samkvæmt þessu er hreyfiprógramm ekki geymt neins staðar heldur verður heyringin til um leið og hún kemur fram. Erfitt getur verið að spá fyrir um hegðun kerfis því jafnvel lítil breyting í undirkerfi getur breytt öllu munstrinu auk þess sem stýribreytur geta valdið skyndilegri breytingu. Því er erfitt að sjá fyrir sér útkomuna jafnvel þótt allir undirþættir séu þekktir nema með því að skilja samspil þeirra og áhrif allra breytna. Þessu má líkja við að baka köku þar sem mörgum þekktum efnum er blandað saman. Útkoman er kakan sem verður til vegna samvirkni efnanna auk hitans í ofninum og ef til vill fleiri lögmála.

Eins og áður var sagt virðast kerfin leita í visst munstur og er það kallað „attractor“ sem mætti kannski kalla aðdráttarform. Aðdráttarform hreyfinga eru því valin hreyfimunstur. Hreyfingar mannsins sýna oft aðdráttarform sem kallast „limit cycle attractor“ og lýsir sér sem hringlaga markferill/markrás. Slík markrás sést þegar hreyfiferlar eru teiknaðir á graf, til að mynda við göngu eða spark ungubarna. Þá er til dæmis hreyfing í hné merkt á annan ásinn og hreyfing í mjöðm á hinn og ferlarnir „plottaðir“ eins og þeir koma fyrir í göngu- eða sparkhringnum (Heriza 1991). Nokkrar tilraunir hafa verið gerðar til að finna breytur sem gefa til kynna hegðun hreyfikerfisins og er sérstaklega talið að það að teikna hornferil á annan ásinn og hraða sömu hreyfingar á hinn ásinn gefi góða mynd af samhæfingu hreyfinga (Heriza 1991; Kurz og Stergiou 2004). Dæmi um slíkt er sýnt á mynd 1, þar sem skoðuð er hreyfing á fótlegg í göngu.



Mynd 1. Fasa-mynd af hornhreyfingum fótleggjar í göngu (x-ás) og hraðabreytingum þeirrar hreyfingar (y-ás). Sýndar eru margar endurtekningar hjá heilbrigðum einstaklingi. Hornhreyfingin = staða fótleggjar á hverjum tíma gönguhringsins miðað við lárétt plan (hornið er stærst í byrjun stöðuþáttar). Þar sem ferillinn fer yfir 0 á y-ásnum, það er hraði er núll, breytir hreyfingin um stefnu (það gerist tvisvar í hringnum). Aðrir hlutar ganglimar, læri og fótur, sýna mjög svipaða markrás. Þetta er tekið sem dæmi um að líkamshlutar hreyfist eins og sveiflakerfi með hringlaga markrás (oscillating limit cycle system (attractor)). (Kurz og Stergiou 2004).

Hreyfingin/ferillinn er breyting á lóðréttri stöðu fótleggjar séð frá hlið miðað við lárétt plan (x-ás) og hraðinn á þessari breytingu er teiknaður á y-ásinn (Kurz og Stergiou 2004). Svona mynd er kölluð fasa-mynd („phase portrait“) og er dæmi um hvernig hægt er að skoða hegðun flókins kerfis með fáum breytum og á tvívíðu formi. Dæmigerð fasa-mynd fyrir hreyfingar mannsins er eins og áður var sagt hringlaga markrás eins og sést á myndinni sem er aðdráttarform með taktfasta lokaða markrás. Formið ber vott um taktfasta, „mjúka“ pendúl-hreyfingu á fótleggnum í sagittal plani og hraðinn sýnir einn hröðunarþátt og einn hægingarþátt í hvora átt. Þetta einkennir samhæfðar hreyfingar á meðan illa samhæfðar hreyfingar eru rykkjöttar og með ójöfnum hraða og takti. Bent er á að slíkar teikningar (plot) af hreyfingu og hraða saman í plani gefi áhugaverða mynd af hegðun kerfis (Kurz og Stergiou 2004). Í

því sambandi er áhugavert að í liðum eru viðtakar sem skynja bæði hreyfingu og hraða (McCloskey 1978). Önnur leið til að skoða samhæfingarmunstur er að meta hlutfall fasa á milli tveggja líkamshluta. Of flókið er að lýsa þessu nánar hér, en athyglisverðar tilraunir hafa hafist á að nota slíkar aðferðir til að skoða samhæfingu. Eitt dæmi er athugun á stöðugleika munsturs í göngu eftir krossbandaaðgerðir (Kurz og Stergiou 2004).

Myndin sýnir nokkrar endurteknar gönguhreyfingar hjá heilbrigðum einstaklingi og enda þótt hver gönguhringur sé sérstakur sést sama munstrið og ekki mikill breytileiki. Hins vegar sést meiri breytileiki á meðan verið er að læra hreyfingar og sömuleiðis ef eitthvað er að. Við eðlilegar aðstæður sést líka breytileiki þegar kerfið er við það að taka á sig annað form og er það talið merki um að undirkerfin séu að leita að nýrri lausn. Þegar hún er fundin verður aftur

stöðugleiki. Athyglisvert er að við óeðlilegt ástand virðist minni breytileiki í kringum munsturskipti. Þetta á til dæmis við um hreyfingar hjá fólki með Parkinsons sjúkdóm (van Emmerik et al. 1999) og fólki með bakverk (Selles et al. 2001).

Skýringin á því að hreyfingar leita í viss valin form þrátt fyrir að líkaminn búi yfir margbreytilegum hreyfímöguleikum (mörgum frígráðum) er talin vera lögmálið um bestun (optimization), en það þýðir að tilhneiging sé til að velja hagkvæmustu lausnina. Hagkvæm hreyfing er sú sem mætir kröfum verksins sem unnið er af skilvirkni og með hlutfallslega lítilli orkueyðslu, og bestun getur því þýtt að valin form hreyfinga komi fram bæði hjá mönnum og dýrum vegna eðlislægrar kröfu um að eyða sem minnstri orku. Til dæmis virðist hraði sem valinn er í göngu vera sá hagkvæmasti með tilliti til súrefniseyðslu og hjartsláttartíðni (Cavanagh og Kram 1985). Sömuleiðis hefur verið sýnt fram á að orkueyðsla í göngu minnkar hlutfallslega þegar göngulag barnsins breytist í full-orðinsgöngu (Jeng et al. 1997). Dæmi um skyndilega breytingu á munstri er þegar ganga breytist í hlaup við vissan hraða og gæti stýribreytan verið orka eða „fasastilling“/taktur útlímanna. Skipti á milli gangtegunda hjá hestum hafa einnig verið skoðuð í þessu tilliti (Hoyt og Taylor 1981) og sömuleiðis fasaskipti í ýmsum taktföstum hreyfingum (Barela et al. 2000), en viss tilhneiging virðist vera að laga hreyfingar að áhveðnum takti.

Orka, hraði, tíðni og innbyrðis fasaskipting geta því verið stýribreytur sem valda breytingu á munstri. En margs konar lífeðlisfræðilegt ástand geta einnig verið stýribreytur svo sem truflun á starfsemi tauga og vöðva og ekki má gleyma að andleg líðan, vilji, þreyta, hugsun um öryggi, viðhorf, tíska og margt annað hefur áhrif á hreyfingar. Hver hreyfing endurspeglar ástand undirkerfa á hverjum tíma og samkvæmt því má líta á hreyfingar hjá

fólki sem hefur orðið fyrir áverka eða lömun sem tilraun til að ná fram hagkvæmustu lausninni miðað við ástand undirkerfa og aðstæður á þeirri stundu. Breyting í einu kerfi (stoðkerfi, skyntúlkun, áhugi) getur breytt munstrinu eða komið í veg fyrir lausn. Á svipaðan hátt á litla barnið erfitt með að ganga þar til öll nauðsynleg undirkerfi hafa náð vissum þroska, en undirkerfin eru til dæmis gangmunstur, styrkur vöðva, jafnvægi, sjónúrvinnsla og áhugi eða þor barnsins til að ganga (Thelen 1986).

Umfjöllun

Hér hefur verið rakið í mjög stórum dráttum hvernig hugmyndir um stjórn hreyfinga hafa breyst gegnum árin. Í vísindum vakna nýjar kenningar þegar þær viðteknu þykja ekki lengur hæfa og ósamræmis gætir á milli athugana og hinna fræðilegu forsendna. Sem dæmi má taka að á meðan menn trúðu því að allar plánetur snérust í kringum jörðina voru tilgátur í stjörnufræði byggðar á þeirri hugsun. Þegar athuganir stönguðust á við þessar forsendur kom upp tími átaka í faginu sem síðan leiddi af sér nýjan rannsóknaramma (Kuhn 1970). Í hreyfivísindum hafa líka átt sér stað viss átök vegna gagnrýni á eldri kenningum.

Kerfakenning hefur fengið mikinn hljómgrunn innan hreyfivísinda og einnig í sjúkraþjálfun þar sem hún hefur leitt til nýrrar nálgunar í skoðun hreyfinga og hreyfiþroska og vakið spennandi hugmyndir í sambandi við meðferð. Of langt mál yrði að lýsa þeirri nálgun og væri það efni í aðra grein. Hvað varðar þjálfun má þó segja að undirstrikað sé að þjálfari beri þau verkefni sem markmiðið er að ná færni í, því eingöngu þannig fái undirkerfin tækifæri til að vinna saman að sérhæftri lausn. Minnt er á að hreyfilausnin mótast af verkefninu sem fyrir liggur, líkamanum og áhrifum umhverfis og er þar af leiðandi sérhæf.

Gott ástand undirþátta er forsenda

hreyfinga en sérhæfa þjálfun þarf til að ná færni. Þetta vita þeir sem eru að læra nýja færni (eins og golf!). Hreyfingar þar sem samhæfa þarf margar frígráður (margir vöðvar, margir liðir, flókið umhverfi o.s.frv.) þarfnast oftast mikillar þjálfunar.

Til þess að fá fram æskilegt hreyfimunstur eða breyta munstri er hægt að breyta aðstæðum eða verkefni auk þess að hafa áhrif á undirþætti líkamans. Hugsanlegt er að nota stýribreytur, til dæmis breyta orkustigi (fá meiri orku í kerfið með meira átaki, reiði, áhuga, breyta takti o.fl.; eða minni orku með því að hægja á, slaka á vöðvum o.fl.). Minnt er á að hægt er að breyta hraða í göngu með því að nota göngumyllu (dæmi um utanaðkomandi stjórn?). Hægt er að móta hreyfingu með ákvörðun um staðsetningu hluta, hækka stól, breyta undirlagi en einnig með því að setja spelku á lið, styrkja/teygja vöðva, nota stuðning, efla gleði og kjark — svo nokkur dæmi séu nefnd. Finna þarf leiðir til að hreyfa við óæskilegu munstri sem hefur náð að festast í sessi, það er munstri sem ef til vill er það besta sem undirkerfin fundu fram til en er ekki hagkvæmt til langframa (Perry 1998).

Í skoðun er mælt með að beina athygli fyrst að færninni í að leysa hreyfiþraut (starfrænni færni). Ef færni er ábótavant, er framkvæmd hreyfingarinnar skoðuð nánar (dæmi: standa upp, ganga). Frávik í framkvæmd geta auk annarra upplýsinga gefið vísbendingar um undirliggjandi orsakir í undirkerfum (vöðvastarfallsemi, skyn, bólga, skyntúlkun, einbeiting, andlegt ástand). Þannig er hægt að setja fram tilgátu um orsakir fyrir að hreyfingin/athöfnin gengur ekki sem skyldi og skoða ástand undirkerfanna út frá því, en muna þarf að útkoman er árangur af flóknu samspili margra kerfa.

Mörgu er ósvarað hvað varðar kerfakenningu, ekki síst um samspil undirkerfa, en hún virðist falla vel að heildar-nálgun og hún skýrir að mínu mati betur

aðlögunarríka hreyfihegðun en eldri kenningarnar gera. Kerfakenning útilokar ekki reflexa eða mikilvægi heilans í stjórn hreyfinga en tekur hvort fyrir sig inn sem undirkerfi. Langt er enn í land með að skilja stjórn hreyfinga, en kerfakenning fær mann til að skoða hreyfingu með nýjum hætti og spyrja nýrra spurninga. Með nýrri tækni og vitneskju frá mörgum fræðasviðum færumst við smám saman nær því að skilja hvernig færni næst í hreyfingum og hvað hefur áhrif á færni og þar með hvernig á að þjálfa.

Heimildir

- Ayres AJ (1979). Sensory Integration and the Child. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Barela JA, Whittall J, Black P, Clark JE (2000). An examination of constraints affecting the intralimb coordination of hemiparetic gait. Human Movement Science, 19, 251-273.
- Belen'kii V, Gurfinkel V, Paltsev Y (1967). Elements of control of voluntary movement. Biophysics, 12, 135-141.
- Bernstein NA (1967). Coordination and Regulation of Movement. New York: Pergamon Press Inc.
- Bobath B (1985). Abnormal Postural Reflex Activity Caused by Brain Lesions. Rockville: Aspen Publishers Inc.

Brooks VB (1986). The Neural Basis of Motor Control. New York: Oxford University Press.

Brunnstrom S (1970). Movement Therapy in Hemiplegia: A Neurophysiological Approach. New York: Harper & Row Publishers Inc.

Campbell SK (2000). Revolution in progress: a conceptual framework for examination and intervention. Neurology Report, 24, 42-46.

Cavanagh PR og Kram R (1985). Mechanical and muscular factors affecting efficiency of human movement. Medicine and Science in Sports and Exercise, 17, 3, 326-331.

Heriza CB (1991). Motor development: traditional and contemporary theories. Í Lister M (ritstj.) Contemporary Management of Motor Control Problems. Alexandria: Foundation for Physical Therapy.

Hoyt DF og Taylor CR (1981). Gait and the energetics of locomotion in horses. Nature, 292, 239-240.

Jeng S, Liao H, Lai J, Hou W (1997). Optimization of walking in children. Medicine and Science in Sports and Exercise, 17, 3, 326-331.

Knott M og Voss D (1968). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. New York: Harper & Row Publishers Inc.

Kuhn TS (1970). The Structure of Scientific Revolutions, 2. útg. Chicago: Chicago University Press.

Kurz MJ og Stergiou N (2004). Applied dynamic systems theory for analysis of movement. Kafli 4 í N. Stergiou (ritstj.) Innovative Analysis of Human Movement, Analytical Tools for Human Movement Research. Human Kinetics.

Lee WA (1980). Anticipatory control of postural and task muscles during rapid arm flexion. Journal of Motor Behavior, 13, 3, 185-196.

MacKay-Lyons M (2002). Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence. Physical Therapy, 82, 1, 69-83.

McCloskey DI (1978). Kinesthetic sensibility. Physiological Reviews, 58, 763-820.

Perry SB (1998). Clinical implications of a dynamic systems theory. Neurology Report, 22, 1, 4-10.

Reed ES (1982). An outline of a theory of action systems. Journal of Motor Behavior, 14, 98-134.

Rothwell JC, Taub E, Berman J (1982). Manual motor performance in deafferented man. Brain, 105, 515-542.

Schmidt R (1988). Motor Control and Learning. Champaign: Human Kinetics.

Selles RW, Wagenaar RC, Smit TH, Wuisman PIJM (2001). Disorders in trunk rotation during walking in patients with low back pain: a dynamical systems approach. Clinical Biomechanics, 16, 175-181.

Sherrington CS (1947). The Integrative Action of the Nervous System. New York: Cambridge University Press.

Stockmeyer SA (1967). An interpretation of the approach of Rood to the treatment of neuromuscular dysfunction. American Journal of Physical Medicine, 46, 901-956.

Taub E (1976). Movements in nonhuman primates deprived of sensory feedback. Exercise and Sport Sciences Review, 4, 335-374.

Thelen E (1986). Development of coordinated movement: implications for early human development. Í Wage MG og Whiting HTA (ritstj.) Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control. Boston: Martinus Nijhoff Publisher.

Thelen E, Kelso JS, Fogel A (1987). Self-organizing systems and infant motor development. Developmental Review, 7, 39-65.

Thorsteinsdóttir M (1991). Pre-arm movement EMG and kinematic onsets during reaching in stance under varied task and distance conditions. University of Sydney: M.Sc. thesis.

van Emmerik REA, Wagenaar RC, Winogrodzka A, Wolters EC (1999). Identification of axial rigidity during locomotion in Parkinson's disease. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 80, 186-191.

Andi Electromedical Aps POWER LASER 500mW/808nm

Óflugt Þráðlaust Handhægt Notendavæmt

POWER LASER hentar vel á einkastofur, stofnanir, í heimaþjónustu og á íþróttaleikavanginn. POWER LASER biður einnig upp á ýmsa möguleika fram yfir mörg önnur lasertæki.

Fylgihlutir:
Taska
Straumbreytir
Hleðslutæki
Auka rafhlæða
Meðferðahandbók

Með hverjum seldum POWER LASER fylgir einnig námskeið í lasernaðferð.

POWER LASER hefur fengið góðar viðtökur á Íslandi. Af því tilefni fæst POWER LASER núna á sérstöku kynningarverði fram að áramótum.

Hafðu samband við kynningafulltrúa okkar hjá NovaMed slf. og fáðu faglegar upplýsingar um POWER LASER, verð og þjónustu. Einnig er hægt að panta kynningar fyrir einkastofur og stofnanir.

NovaMed slf. Raufarseli 5, 109 Reykjavík Gsm: 690-0077 Tölvupóstfang: novamed@internet.is